

GUÍA DE LABORATORIO PARA LA PRÁCTICA DE MEDIDA DE DENSIDADES, GRAVEDADES ESPECÍFICAS Y VISCOSIDAD

Resumen: En esta guía de laboratorio se establece una metodología clara para calcular la viscosidad de un fluido teniendo en cuenta las definiciones de densidad, gravedad específica o densidad relativa y viscosidad, conceptos que deben tenerse claros para realizar y entender la práctica. También se encuentran descritos los instrumentos que se utilizarán y el proceso para tomar los datos de la gravedad específica de tres fluidos diferentes usando un hidrómetro y un vaso de precipitado, determinar la densidad del fluido teóricamente y luego determinar la viscosidad de los fluidos con un viscosímetro capilar. Notaremos que para el agua la gravedad específica es 1 y las de los otros fluidos es mayor o menor dependiendo de su naturaleza y que en esta práctica la viscosidad está en función del tiempo que tarda el fluido en recorrer cierta distancia. Se recomienda verificar los elementos antes de utilizarlos, tener cuidado con el hidrómetro y el viscosímetro capilar y por último dejar los elementos limpios y en orden después de utilizarlos.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Propiedades de los fluidos

1.1.1 Densidad y peso específico

La densidad de un fluido definida como la relación entre la masa y el volumen de un fluido (Ecuación 1) está directamente relacionada con el peso específico de una sustancia, el cual está definido por la ecuación 2.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{mg}{V} = \rho g \quad (2)$$

Dónde: m es la masa del líquido (Kg), V el volumen ocupado (m^3), ρ la densidad, γ el peso específico (N/m^3), W el peso (N) y g la gravedad que en Bogotá D.C. equivale a

Debe tenerse en cuenta que la densidad de un líquido es prácticamente constante, ya que el volumen ocupado por una masa dada de un líquido es casi invariable. Pero en el caso de un gas, la densidad varía en función del volumen que ocupa (para una masa de dicho gas). De esto se deduce que un líquido pueda considerarse virtualmente incompresible (a no ser que se trabaje en condiciones críticas), mientras que los gases si son compresibles.

1.1.1. GRAVEDAD ESPECÍFICA O DENSIDAD RELATIVA:

La gravedad específica o la densidad relativa de un fluido se define como la relación entre su masa y la masa de un volumen de agua a 4°C igual al del fluido a estudiar a, y se denomina por "S".

$$S = \frac{\text{Masa del fluido dado}}{\text{Masa de un volumen igual de agua}} \quad (1.2)$$

Si V_1 es el volumen de un líquido y V_a es el volumen de agua, ρ_1 es la densidad del líquido y ρ_a es la densidad del agua, entonces:

$$S = \frac{\rho_1 V}{\rho_a V} = \frac{\rho_1}{\rho_a} \quad (1.3)$$

1.1.1.1. EL HIDRÓMETRO

Las dos propiedades anteriores pueden ser estudiadas utilizando el hidrómetro. El funcionamiento del hidrómetro está basado en el Principio de Arquímedes que consiste en que, cuando se sumerge un cuerpo en un líquido, el peso del cuerpo es igual a la masa del volumen del líquido desplazado.

El hidrómetro consiste en un tubo de cristal cerrado y dentro del cual se coloca una escala. En el fondo debe ponerse una cantidad pequeña de plomo, arena o mercurio.

El hidrómetro se sumerge en un fluido y el punto en el que la superficie del líquido toca el cilindro del hidrómetro se observa en la escala, para que se pueda leer directamente la gravedad específica.

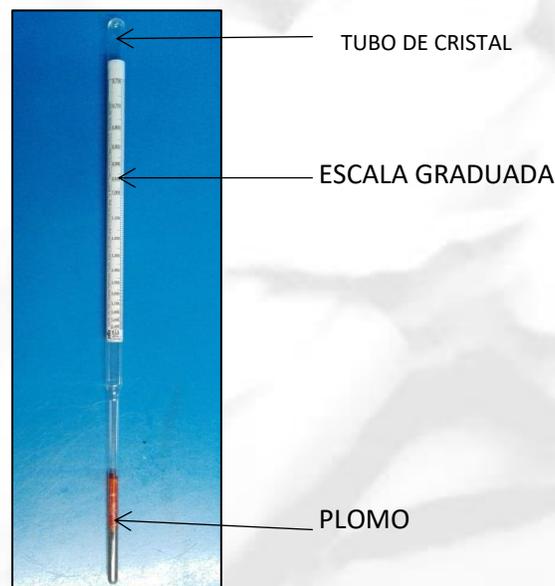


Figura 1. Hidrómetro (Fuente propia)

1.1.2. VISCOSIDAD:

La viscosidad de un fluido se define como el grado o medida en la que un fluido se opone a los cambios de forma cuando se aplica una fuerza externa sobre él. La viscosidad depende de la cohesión y actividad molecular del fluido. La viscosidad de los gases, en los cuales la cohesión de los átomos es pequeña, aumenta cuando la temperatura sube. Mientras que, en los líquidos, debido a que la

cohesión molecular es mayor que su actividad (principalmente en temperaturas bajas), la viscosidad decrece cuando la temperatura sube.

Para obtener una medida de la viscosidad es necesario considerar el flujo viscoso de un líquido, para lo cual hay que tener en cuenta dos consideraciones:

1. Puede que no haya deslizamiento o movimiento relativo.

En un fluido en reposo, por definición, no hay esfuerzos cortantes entre el fluido y el sólido en contacto con él, o entre capas adyacentes del propio fluido. Sin embargo, cuando el fluido se encuentra en movimiento aparecen diferencias de velocidad entre las caras exteriores e interiores del fluido, produciendo fuerzas que ejercen un rozamiento.

Si una de las caras del cuerpo se mueve con una velocidad u , y la otra con una velocidad $u+du$, entonces la relación de la fuerza aplicada al movimiento o el gradiente de la velocidad es igual a $\frac{du}{dy}$.

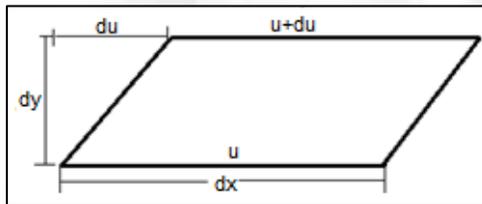


Figura 2. Esquema de velocidad de las caras de un cuerpo (Fuente: Manual de prácticas Edibon)

2. Puede que el esfuerzo aplicado sea directamente proporcional al movimiento.

El esfuerzo aplicado es proporcional a $\frac{du}{dy}$, es decir: $\tau = \mu \frac{du}{dy}$, donde μ es un coeficiente de proporcionalidad llamado coeficiente de viscosidad. De la ecuación anterior se deduce que la viscosidad es: viscosidad $= \mu = \tau \frac{dy}{du}$ por lo que μ vendrá expresado para el S.I. en $\frac{Nw \cdot s}{m^2}$ ó $\frac{Kg}{m \cdot s}$, y para el sistema cegesimal en poises, siendo 1 poise = $\frac{1g}{cm \cdot s}$.

Es decir, el coeficiente de viscosidad se expresa como una unidad de masa por unidad de longitud y tiempo.

1.1.2.1. MEDIDA DE VISCOSIDAD:

La medida de la velocidad de flujo a través de un tubo capilar de radio conocido permite obtener una medida de la viscosidad μ para un líquido o sólido, utilizando las siguientes ecuaciones:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\pi r^4}{\mu 8} \frac{P_1 - P_2}{y_2 - y_1} \quad \text{Ley de Poiseuille para flujo laminar liquido (1.4)}$$

Siendo V el volumen del líquido que atraviesa una sección transversal del tubo en un tiempo t y $(P_2 - P_1)$ $(y_2 - y_1)$ es el gradiente de presión a lo largo del tubo (P_1 presión en el punto y_1 y P_2 es la presión en el punto y_2 , así $y_2 - y_1$ es la longitud del tubo).

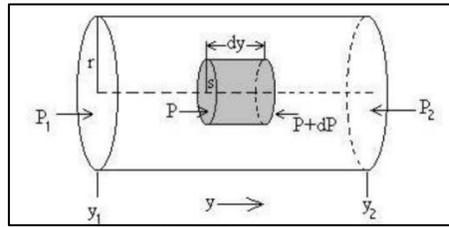


Figura 3. Fluido moviéndose en un tubo cilíndrico. (Fuente: Manual de prácticas Edibon)

1.1.2.2. VISCOSÍMETRO DE UBBELOHDE: Es un instrumento que sirve para determinar la viscosidad de un líquido. Consiste en un tubo capilar unido a un bulbo inferior L y a un bulbo superior S, como se muestra en la figura 4.

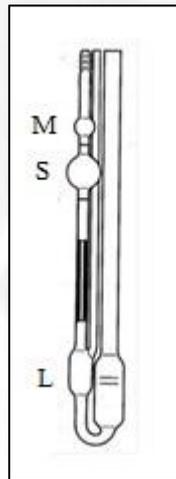


Figura 4. Viscosímetro de Ubbelohde (Fuente: Catálogos VWR)

Para medir la viscosidad con este instrumento se hace una relación con el tiempo que tarda un fluido en recorrer cierta distancia mientras fluye por el tubo capilar y su densidad.

La base de funcionamiento de este instrumento es la Ley de Poiseuille (Ecuación 1.4) En donde la diferencia de presiones ($P_1 - P_2$) es la presión ejercida por el líquido sobre el tubo

$$\Delta P = \rho * g * h \quad (1.5)$$

Donde ρ es la densidad del líquido, g la aceleración de la gravedad y h la diferencia de alturas a través del tiempo.

Como h cambia en el tiempo, considere h_0 como la diferencia de nivel en el tiempo $t=0$ (en la marca M_2) y h el nivel del líquido en los tiempos posteriores. Como en los experimentos se utiliza el mismo volumen de líquido, h_0 es constante, la variación de h respecto al valor inicial h_0 es una función del volumen V que ha fluido por el viscosímetro:

$$f(V) = h - h_0 \quad (1.7)$$

Donde la función f depende de la geometría del viscosímetro. Despejando h de la ecuación 1.7 tenemos:

Calle 68D Bis A Sur # 49F-70 Bloque 11 Piso 1

PBX 57 (1) 3239300 Ext. 5024 – Bogotá D.C., Colombia

Acreditación Institucional de Alta Calidad. Resolución No. 23096 del 15 de diciembre de 2016

labtecmechanica@udistrital.edu.co

$$h = f(V) + h_0 \quad (1.8)$$

Reorganizando la ecuación 1.4 con la 1.8 tenemos:

$$h^{-1} dV = \left[\frac{\pi r^4 \rho g}{8\eta(y_2 - y_1)} \right] dt \quad (1.9)$$

Integrando la ecuación 1.9, tenemos:

$$\int_V^0 \frac{1}{h_0 + f(V)} dV = \frac{\pi r^4 g}{8(y_2 - y_1)} \frac{\rho t}{\eta} \quad (1.10)$$

Los factores $\frac{\pi r^4 g}{8(y_2 - y_1)}$ y $\int_V^0 \frac{1}{h_0 + f(V)} dV$ dependen de la geometría del viscosímetro y al multiplicarlos se convierten en una constante (k) para cualquier fluido a estudiar. Esta constante está determinada para cada viscosímetro por la norma ASTM D2515/D446.

Por lo anterior, la expresión se reduce a:

$$k = \frac{\rho t}{\eta} \quad (1.11)$$

Si consideramos dos fluidos diferentes a y b, tenemos:

$$\frac{\rho_a t_a}{\eta_a} = \frac{\rho_b t_b}{\eta_b} = k \quad (1.12)$$

Reagrupando:

$$\frac{\eta_b}{\eta_a} = \frac{\rho_b t_b}{\rho_a t_a} \quad (1.13)$$

Si sabemos η_a, ρ_a, ρ_b podemos calcular η_b . Por lo tanto, debemos conocer las propiedades de un fluido de referencia (a), medir su tiempo en el laboratorio, para poder obtener la viscosidad de nuestro fluido a estudiar, determinando la densidad y tiempo en la práctica.

2. MATERIALES REQUERIDOS

2.1. Por el estudiante:

- Bayetilla
- Cronometro.
- 1 l de agua y 1 l de cada uno de los 2 fluidos a estudiar (Elegir de la Tabla 1).

Ítem	FLUIDO
1	Gasolina
2	Thinner
3	Alcohol etílico

Tabla 1. Lista de posibilidades de fluidos a estudiar

2.2. Suministrados por el laboratorio:

- Hidrómetro universal (Figura 1)
- Vaso de precipitado de 1000 mL (Figura 5)



Figura 5. Vaso de precipitado (Fuente: Propia)

- Viscosímetro capilar (Figura 6). El disponible en el laboratorio es el Oc



Figura 6. Viscosímetro capilar Oc disponible en el laboratorio (Fuente: Propia)

- Bomba de succión manual. (Figura 7)



Figura 7. Bomba de succión manual (Fuente: Propia)

3. OBJETIVO

Determinar la viscosidad en función de la medición de la densidad y el tiempo que tardan 3 fluidos de diferente naturaleza en recorrer una distancia. Teniendo el agua como fluido de referencia.

4. PROCEDIMIENTO

4.1. Verter agua en el vaso de precipitado hasta que alcance un nivel de 900mL. (Figura 8).



Figura 8. Vaso de precipitado con agua (Fuente: Propia)

4.2. Sumergir el hidrómetro comenzando por la región que contiene las partículas de plomo. (Figura 9)

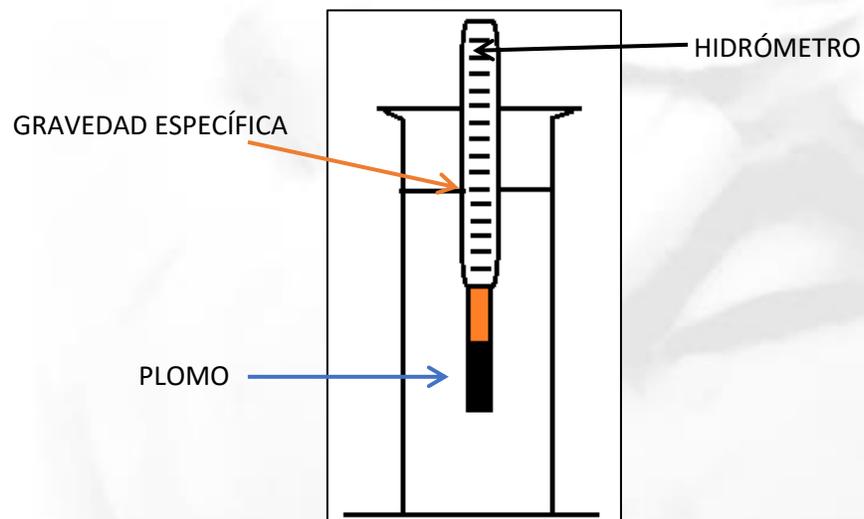


Figura 9. Montaje para medición de gravedad específica. (Fuente: Manual de prácticas Edibon)

4.3. Registrar la medición que indica el hidrómetro (rango 0.7-2) en la tabla 2.

- 4.4. Repetir el procedimiento previo (Pasos 4.1 y 4.2) con los tres fluidos seleccionados y consignar las mediciones en la tabla 3.
- 4.5. Calcular las densidades de cada fluido teniendo en cuenta el valor obtenido de gravedad específica y la densidad del agua. Registrar los resultados en la tabla 3.
- 4.6. Cargue el viscosímetro capilar con agua a través del tubo A hasta que llegue a la marca M_3 (Ver figura 10)

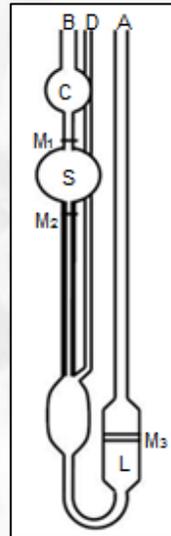


Figura 10. Esquema de marcas y partes del viscosímetro para la práctica. (Fuente: Manual de prácticas Edibon)

- 4.7. Tapar el orificio del tubo D.
- 4.8. Mientras el orificio del tubo D está tapado ubicar la bomba manual en el orificio del tubo B y succionar hasta que el fluido ascienda hasta un nivel superior de la marca M_1 . (Figura 11)

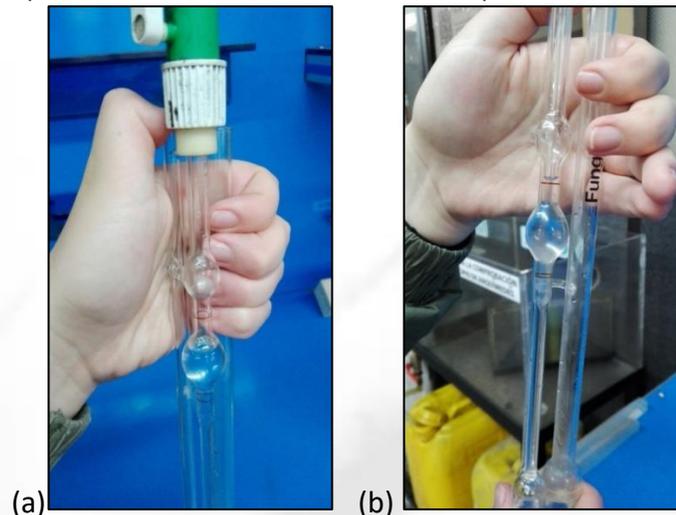


Figura 11. Procedimiento para succionar el fluido (a) Marca de referencia para la succión (b) (Fuente: Propia)

- 4.9. Coloque el viscosímetro en el soporte, a continuación, destape el orificio del tubo D.

- 4.10. Dejar que la muestra de líquido fluya libremente hacia abajo e iniciar a medir el tiempo apenas el líquido llegue a la marca M_1 . (Figura 12)

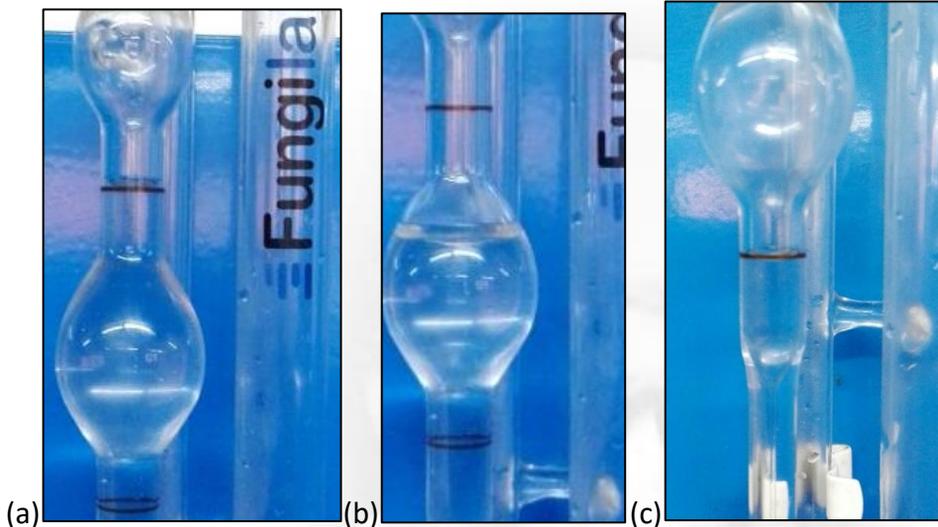


Figura 12. Inicio de toma de tiempo (a) Transcurso de toma de tiempo (b) Final de toma de tiempo (c)
(Fuente: Propia)

- 4.11. Registrar el tiempo que tarda todo el fluido en pasar la marca M_2 en la tabla 4.
4.12. Repetir el procedimiento previo (Pasos 4.6 al 4.10) con los tres fluidos seleccionados y consignar las mediciones en la tabla 5.
4.13. Calcular la viscosidad de cada fluido, teniendo en cuenta las densidades halladas, el tiempo medido, y las propiedades del fluido de referencia, en este caso el agua.

5. RESULTADOS

Anotar los resultados obtenidos en las siguientes tablas, teniendo en cuenta los valores de la presión atmosférica y la temperatura en el momento de realizar la práctica.

Líquido	Densidad (ρ_a) [Kg/m ³]	Gravedad específica (S)
Agua	1000	

Tabla 2. Verificación de la gravedad específica del agua.

Líquido	Gravedad específica (S)	Densidad (ρ) $\rho = S * \rho_a$

Tabla 3. Medición de la gravedad específica y cálculo de la densidad para 3 fluidos de diferente naturaleza

Líquido de referencia	Viscosidad (η_a) [Cs o mm ² /s]	Densidad (ρ_a) [Kg/m ³]	Tiempo (t_a) [s]
Agua	1.130	1000	

Tabla 4. Medición del tiempo de desplazamiento fluido de referencia

Líquido de estudio	Densidad (ρ) [Kg/m ³]	Tiempo (t) [s]	Viscosidad (η) $\eta = \frac{\rho * t}{\rho_a * t_a} * \eta_a$

Tabla 5. Medición del tiempo

6. RECOMENDACIONES

Verificar el estado de los elementos antes de utilizarlos.

El viscosímetro es un instrumento delicado, por lo tanto, se debe tener cuidado al momento de manipularlo.

Dejar los elementos utilizados en la práctica limpios y en completo orden.

Los fluidos utilizados en la práctica no se almacenarán en el laboratorio, la disposición final de los mismos es responsabilidad del estudiante.

Proyectó	Paula Rincón, Andrés Ramírez	Monitores académicos 2016-1
Revisó	Carlos Andrés Romero	Auxiliar de laboratorio
Aprobó	Luini Hurtado	Coordinador de Laboratorios y Talleres de Mecánica
Fecha	08/10/2018	Versión 04